



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

ROZVODY DVOUDOBÝCH MOTORŮ

PORTING AND CYLINDER SCAVENGING OF TWO-STROKE ENGINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PROKOP HAVLEN

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. LUBOMÍR DRÁPAL

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Prokop Havlen

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Rozvody dvoudobých motorů

v anglickém jazyce:

Porting and cylinder scavenging of two-stroke engines

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce rešeršního charakteru, zaměřená na oblast systémů výměny náplně válců dvoudobých motorů.

Cíle bakalářské práce:

Popište vývoj dvoudobého motoru z historického hlediska se zaměřením na jeho rozvodové orgány. Rozeberte jednotlivé způsoby vyplachování spalovacího prostoru válce těchto motorů a porovnejte je mezi sebou. Zmiňte okolnosti související s návrhem geometrie systému výměny náplně válce. Celkově zhodnoťte vývoj v této oblasti a nastiňte možné výhledy do budoucna.

Seznam odborné literatury:

- [1] VYKOUKAL, R. Dvoudobé motory vozidlové. SNTL – Státní nakladatelství technické literatury, První vydání, Praha, 1957.
- [2] KOŠTÁL, J., SUK, B. Pístové spalovací motory. Nakladatelství Československé akademie věd, První vydání, Praha, 1963.
- [3] BLAIR, G. P. The Basic Design of Two-Stroke Engines. Society of Automotive Engineers, Inc., First edition, 1990. ISBN 1-56091-008-9.
- [4] BLAIR, G. P. Design and Simulation of Two-Stroke Engines. Society of Automotive Engineers, Inc., First edition, 1996. ISBN 978-1-56091-685-7.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Lubomír Drápal

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 24.11.2010

L.S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty



ABSTRAKT

První část této bakalářské práce se snaží představit základní geometrii a výpočty válce, kanálů a spalovacího prostoru dvoudobého motoru. V druhé polovině jsou blíže popsána jednotlivá provedení systému výměny náplně válců u dvoudobých motorů. V této části je snahou porovnávat je mezi sebou a zhodnotit výhody i nevýhody každého z nich. Mnohé systémy, zde uvedené, se širšího rozšíření nedočkaly, takže jsou spíše uváděny jako jeden z možných směrů vývoje v dané problematice.

KLÍČOVÁ SLOVA

rozvody, dvoudobé motory, vyplachování, plnění válce, přepouštění

ABSTRACT

In the first part of this thesis are explained, main calculations for two-stroke engine cylinder, channels and combustion chamber. In the second part are described in more detail systems scavenging of cylinders. This section is an attempt to compare them with each other and evaluate their advantages and disadvantages. Many of these systems have not spread. They are listed as other possible constructions.

KEYWORDS

porting of cylinders, two-stroke engines, scavenging of cylinders



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Havlen, P. *Rozvody dvoudobých motorů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 36 s. Vedoucí diplomové práce ing. Lubomír Drápal.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením ing. Lubomíra Drápala a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 19. května 2012

.....

Prokop Havlen



PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce ing. Lubomírovi Drápalovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.



OBSAH

Úvod	10
1 Teorie dvoudobého motoru	11
1.1 Základní pojmy	11
1.2 Oběh dvoudobého motoru	11
1.3 Popis práce motoru	12
1.4 Plnění dvoudobého motoru	12
1.5 Kanálky a rozvod	14
1.6 Vyplachování	16
1.6.1 Kvantitativní součinitel vyplachování η_K	16
1.6.2 Kvalitativní součinitel vyplachování η_L	18
1.6.3 Celkový součinitel plnění η_P	19
1.6.4 Stupeň naplnění čerstvou směsí ρ	19
1.6.5 Stupeň plnění λ_P	19
1.6.6 Stupeň smíšení δ_s	20
1.7 Kliková skříň	20
1.8 Vliv výfukového tlumiče na plnění	22
1.9 Mazání dvoudobých motorů	23
1.9.1 Účel mazání	23
1.9.2 Mazání směsí oleje a benzínu	23
1.9.3 Mazání tlakové a spádové	23
2 Jednotlivá provedení rozvodů dvoudobých motorů	25
2.1 Motory s předkompresí v klikové skříni	25
2.1.1 Rozvod pístem s deflektorem (příčné vyplachování)	25
2.1.2 Rozvod pístem s vratným vyplachováním	25
2.1.3 Rozvod válcovým šoupátkem	26
2.1.4 Rozvod kotoučovým (rotačním) šoupátkem	27
2.1.5 Rozvod jazýčkovým (membránovým) ventilem	28
2.2 Souprouté vyplachování	28
2.2.1 Motory s pevným deflektorem (s podvojnými válci)	29
2.3 Motory s nezávislým dmychadlem	30
Závěr	32
Seznam použitých zkratk a symbolů	34
Seznam příloh	36



Úvod

Kterýkoliv motor, pracující ať už v dvoudobém či čtyřdobém cyklu, má jistě svoje výhody a nevýhody, proto rozhodnout, zda je motor pracující v jednom nebo druhém cyklu lepší, není tak jednoduché, jak by se mohlo zdát. Důležité je tak uvést kritérium, kterým daný motor posuzujeme.

U závodního motoru je nejdůležitějším hlediskem k posouzení výkon. Na spotřebu paliva, opotřebení součástek a složitost se pak již takový důraz nebere. Je to z toho důvodu, že po každém závodě se takový motor rozebere vyškolenými mechaniky, kteří jej na další závod dokonale připraví.

Většina běžných lidí však není tak dokonale obeznámená s problematikou konstrukce motoru, a proto by byla nadměrná složitost závodního motoru na překážku. Pro běžného uživatele spalovacího motoru, umístěného v automobilu, motocyklu nebo třeba jen v obyčejné motorové zahradní sekačce, je důležitým aspektem jednoduchost a dlouhá životnost. V poslední době se největší důraz klade na spotřebu paliva.

Klade-li se hlavní důraz na jednoduchost a potažmo i na nízké výrobní náklady, padne naše rozhodnutí jednoznačně ve prospěch dvoudobého motoru. Tříkanálový dvoudobý motor s rozvodem pístem má nejméně pohyblivých součástí ze všech pístových spalovacích motorů. Jednoduchost je však vykoupená jistými nevýhodami.

Porovnávají-li se motory dvoudobé a čtyřdobé o stejném objemu a otáčkách, tak by měl mít dvoudobý motor teoreticky dvojnásobný výkon oproti motoru čtyřdobému. Ve skutečnosti má dvoudobý motor vyšší výkon asi jen o třetinu. Je to zapříčiněno poklesem plnění válce ve vyšších otáčkách a únikem paliva výfukem při přepouštění směsi. Tuto problematika je rozebrána dále.

Nevýhody dvoudobých motorů lze kompenzovat přeplňováním, vstřikováním, případně zavedením ventilového rozvodu. V tomto případě však dvoudobý motor ztrácí výhodu své jednoduchosti a náročností výroby se blíží motoru čtyřdobému.



1 TEORIE DVOUDOBÉHO MOTORU

1.1 ZÁKLADNÍ POJMY

- **Dvoudobý spalovací motor** je tepelný stroj, jenž přeměňuje energii obsaženou v palivu v mechanickou práci. U dvoudobého motoru proběhne celý pracovní cyklus, tedy sání, stlačování, expanze a výfuk za dva zdvihy, tj. za jednu otáčku klikového cyklu. [1]
- **Kanály** ve válci dvoudobého motoru slouží k plnění a k odvádění spalin. Poloha a velikost určuje **rozvod** motoru a z velké části i jeho výkon a měrnou spotřebu paliva. Kanály bývají převážně jen hladce odlity. Jsou tak jedním z hlavních činitelů, jež mají vliv na chod motoru. Jejich správné navržení je kromě teoretického výpočtu obvykle nutně ověřit i zkouškou na motorové brzdě. [1]
- **Zdvihový objem motoru** je objem daný pohybem pístů všech válců z jedné úvrati do druhé. Udává se buď v cm^3 nebo litrech. U některých zahraničních vozidel se udávají objemy v kubických palcích, kdy 1 kubický palec = $16,39 \text{ cm}^3$. [2]

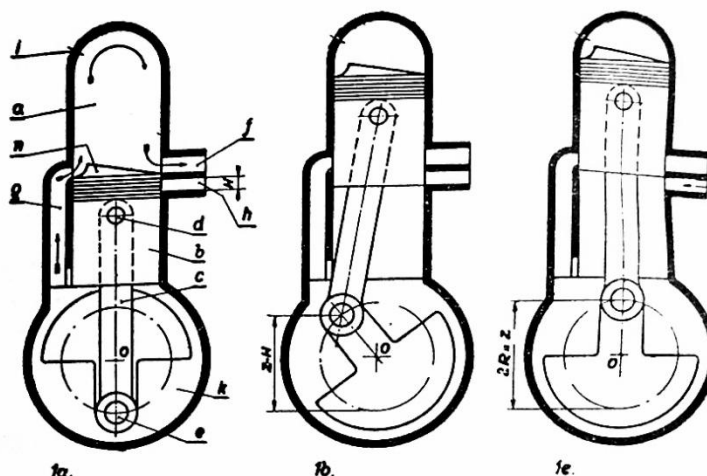
1.2 OBĚH DVOUDOBÉHO MOTORU

U dvoudobých motorů probíhá celý pracovní oběh během jedné otáčky motoru. Na rozdíl od čtyřdobých motorů nejsou sací a výfukový zdvih samostatnými pracovními dobami (takty). [6]

K vypuzení výfukových plynů z válce a k jejich nahrazení čerstvou směsí je vyhrazený pouze krátký okamžik mezi expanzním a kompresním zdvihem. Expanzní zdvih je na konci zkrácen o malou část stejně tak, jako je na počátku zkrácen kompresní zdvih. [1]

Na Obr. 1.2.1 je naznačené schematické uspořádání jednoválcového dvoudobého motoru, při kterém si píst za expanzního zdvihu sám svou druhou stranou stlačuje čerstvou směs v klikovém prostoru.

Píst **b**, opatřený těsnícími kroužky, se pohybuje ve válci střídavě nahoru a dolů. Ojnice **c** je svým horním koncem otáčivě uložena pístním čepem **d** v pístu. Spodní konec ojnice je pak otáčivě spojen s čepem **e** klikového hřídele. Dno pístu tvoří zvláštní náledek, zvaný deflektor **n**, který usměrňuje proudění směsi do prostoru válce. Ve stěně válce jsou pak patrné tři otvory neboli kanálky. Je to kanálek sací **h**, kterým se přivádí z karburátoru směs vzduchu a paliva ve formě mlhoviny. Nad sacím otvorem je umístěný výfukový kanálek **f**, kterým se odvádí spálené plyny z prostoru válce. Na protější straně se pak nalézá přepouštěcí kanálek **g**, skrze který se pístem přetlačuje čerstvá směs do válce. Důležitým předpokladem pro dobrou práci takového motoru je dokonale utěsněný prostor klikové skříně **k**. [3]



Obr.1.2.1 Schéma činnosti dvoudobého tříkanálového motoru [3]

1.3 POPIS PRÁCE MOTORU

Píst se nachází v dolní úvratí, odpovídající přesně okamžiku, kdy čerstvý plyn, přicházející z prostoru klikové skříně **k** přepouštěcím kanálem **g**, naplňuje spalovací prostor válce Obr. 1.2.1a. Klikový hřídel se otáčí a tak je píst nucen začít se pohybovat směrem vzhůru, přičemž uzavře postupně kanálek přepouštěcí **g** a výfukový **f**. Přívod čerstvé směsi do válce, ale i odvod výfukových plynů, je uzavřen. Plyn, nacházející se v prostoru válce, je tak postupně stlačován pístem. Vlivem stoupání pístu se pak také zvětšuje objem klikové skříně **k**, čímž v tomto prostoru vzniká podtlak Obr. 1.2.1b. Dalším pohybem pístu se jeho spodní hranou otevře sací kanálek **h**, kterým se, vlivem rozdílu tlaku, začne nasávat čerstvý plyn z karburátoru do prostoru klikové skříně **k**. V okamžiku, kdy píst dosáhne horní úvratí, přeskočí na elektrodách zapalovací svíčky jiskra, která vznítí komprimovanou směs Obr. 1.2.1c. Píst je hnán směrem dolů rozpínajícími se plyny. Po dobu, kdy je výfukový kanálek uzavřený, koná píst práci. Jakmile však píst otevře výfukový **f** a přepouštěcí **g** kanálek, je spalovací prostor spojen s klikovou skříní a s atmosférou. Výfukové plyny, stále ještě o vysokém tlaku, unikají výfukovým kanálkem z válce, čímž vytvářejí za sebou podtlak. Přepouštěcím kanálkem tak může začít vnikat do válce čerstvá směs. Aby však čerstvý plyn nepřicházel nevyužit rovnou do výfuku, musí jeho cestu usměrnit deflektor **n**, který proud čerstvého plynu vrhá vzhůru, čímž je vypláchnutí válce od zbytků spálených plynů dokonalejší. Píst tímto okamžikem dosahuje spodní úvratí a celý popsaný cyklus se opakuje. [3]

1.4 PLNĚNÍ DVOUDOBÉHO MOTORU

Jak již bylo uvedeno v úvodu, měl by mít dvoudobý motor, při stejném objemu a otáčkách, teoreticky dvojnásobný výkon oproti motoru čtyřdobému. Z praxe je však patrné, že tomu tak není, protože skutečný objem nasáté směsi do válce je oproti teoretickému podstatně menší.



Je-li plocha pístu [3]

$$P = \frac{\pi D^2}{4}, \quad (1.4.1)$$

kde D představuje průměr pístu v mm^2 , pak je teoretický objem dán součinem [3]

$$PZ = P2R. \quad (1.4.2)$$

Z představuje zdvih u nevyosených motorů a je roven dvojnásobnému poloměru kliky $2R$. Píst v dolní úvratí vymezuje pod sebou určitý objem, zvaný škodlivý prostor. Při pohybu pístu vzhůru se jeho objem V zvětšuje a tlak klesá. Dosáhne-li pak píst polohy těsně před otevřením sacího kanálku, znázorněné na Obr. 1.2.1b, zvětší se objem škodlivého prostoru o hodnotu, označovanou jako nasávaný objem V_n . Je-li pak H výškou sacího kanálku, je užitečný sací zdvih pístu roven rozdílu zdvihu Z a výšky sacího kanálku H , takže nasávaný lze vypočítat jako [3]

$$V_n = P(Z - H). \quad (1.4.3)$$

Nasávaný objem je tedy mnohem nižší, než skutečný objem válce. V okamžiku, kdy se otevře sací kanálek, dochází k vyrovnání tlaku a do klikové skříně se hrne nová čerstvá směs. Objem klikové skříně se rovná součtu objemu škodlivého prostoru a užitečného sacího objemu, tj. $(V + V_n)$. Velikost podtlaku K , panujícího v daném okamžiku v klikové skříně, lze určit z Marriottova zákona ($pV = \text{konst}$). Pak platí, že [3]

$$K = \frac{V}{V + V_n}. \quad (1.4.4)$$

Tlak, nutící vniknout směs z karburátoru do klikové skříně, je pak dán rozdílem atmosférického tlaku a podtlaku ve skříně [3]

$$K_m = 1 - K. \quad (1.4.5)$$

Hodnota K_m označuje plnicí tlak. Pro dobrý výkon motoru musí být co nejvyšší. Jelikož je však užitečný sací objem pevně dán, je jediným způsobem, jak toho dosáhnout, zmenšení škodlivého prostoru V .

Důležitou hodnotou je také doba, po kterou je sací kanálek otevřený. Protože je kanálek otevřený při pohybu pístu nahoru i dolů, trvá otevření po dobu otočení setrvačníku o úhel 2α , kde α odpovídá úhlu otevření sacího kanálku během jednoho zdvihu. Označuje-li pak n počet otáček za minutu, je sací kanálek otevřen po dobu [3]

$$T_{\text{sec}} = \frac{2\alpha 60}{360n} = \frac{\alpha}{3n}. \quad (1.4.6)$$

Předpokládá-li se, že průtokový průřez je všude stejný a plnicí tlak je konstantní, lze vyjádřit množství čerstvé směsi q , nasáté do klikové skříně jako [3]



$$q = s \sqrt{\frac{2g(A - A_1)}{\delta M}}, \quad (1.4.7)$$

kde δ značí hustotu směsi v průtokovém průřezu s v cm^2 za tlakového rozdílu $A - A_1$ při tíhovém zrychlení $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$. M je pak součinitel odporu trubky. Skutečný nasátý objem za dobu T_{sec} tak bude [3]

$$Q = Tq = Ts \sqrt{\frac{2g(A - A_1)}{\delta M}}. \quad (1.4.8)$$

S ohledem na rovnice (1.4.5) a (1.4.6) lze celý vztah psát, jako [3]

$$Q = C \frac{s\alpha}{n} \sqrt{K_m}, \quad (1.4.9)$$

kde C je nová konstanta. Pro motory s přímým potrubím nabývá konstanta hodnoty 4000–4500. Zadáním hodnot do rovnice (1.4.9) lze dokázat, že například válec o teoretickém zdvihovém objemu 250 cm^3 nasaje ve skutečnosti pouze 150 cm^3 .

$$\text{Dosazením do rovnice (1.4.9) za } K_m = 1 - \frac{V}{V + V_n}, \quad (1.4.10)$$

kde dle vztahu (1.4.1) je $V_n = P(Z - H) = P(2R - H)$, takže lze napsat, že [3]

$$K_m = 1 - \frac{V}{V + P(2R - H)}. \quad (1.4.11)$$

Po dosazení do rovnice (1.4.9) pak vychází skutečný nasátý objem, jako [3]

$$Q = C \frac{s\alpha}{n} \sqrt{1 - \frac{V}{V + P(2R - H)}}. \quad (1.4.12)$$

Z tohoto výrazu je vidět, že plnění bude tím lepší, čím větší bude průtokový průřez s a úhel otevření kanálku α a čím menší bude objem škodlivého prostoru V a nižší otáčky n . Vysoké otáčky n sice stěžují dobré plnění válce, ale vzhledem k celkovému výkonu musí být otáčky co nejvyšší. Zbývá tak určit úhel α , závislý na výšce sacího kanálku. Pro každou rychlost, tedy pro každé n , však existuje jediná výška H , která podává nejlepší výsledky. Pro dosažení maximálního plnění by se tak měla výška kanálku s otáčkami měnit, což lze realizovat jen stěží. [3]

1.5 KANÁLKY A ROZVOD

Kanálky ve válci dvoudobého motoru slouží k plnění válce čerstvou směsí a k odvádění spalin. Poloha i velikost kanálků určují rozvod motoru, a tím z velké části i jeho výkon



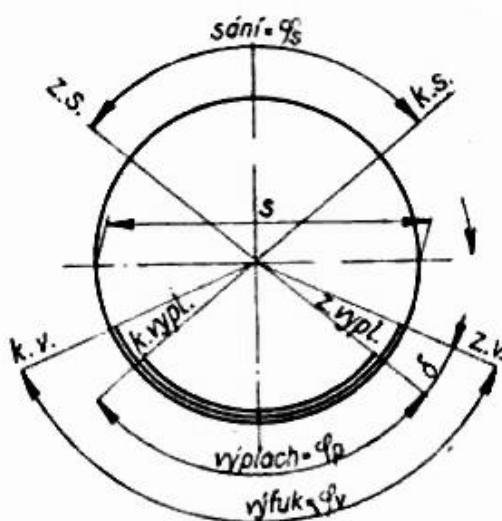
a měrnou spotřebu paliva. Zároveň určují rychloběžnost motoru, podobně jako u čtyřdobého motoru nastavení vaček.

Kanálky bývají většinou jen hladce odlity, jen kanálky vyplachovací se po odlití zpravidla obrábějí, aby byly zaručeny jejich správné rozměry. Aby byly ztráty třením plynu o stěny co nejmenší, je třeba sací i vyplachovací kanálky vyrobit co možná nejkratší.

Kanálky mají mít správný směr nejen v horizontální, ale i ve vertikální rovině. Je to důležité především u motorů s vratným vyplachováním, kde je potřeba zajistit, aby proudy z obou přepouštěcích kanálů správně naběhly na vypouklé dno pístu.

Výška kanálků je dána rozvodem motoru. Výfukový kanál se otevírá dříve než vyplachovací, aby při otevření vyplachovacího kanálu spaliny již unikaly s jistou rychlostí výfukovými kanálky. Výškový rozdíl mezi horní hranou výfukového kanálku a kanálku vyplachovacího se nazývá předstih výfuku δ_p . Obvykle se vyjadřuje ve stupních otočení klikového hřídele nebo v době tohoto otočení Obr. 1.5.1.

Úhel δ_p mezi otevřením kanálků vyplachovacích a výfukových musí být tak velký, aby stačil i při vysokých otáčkách k včasnému odchodu výfukových plynů. [1]

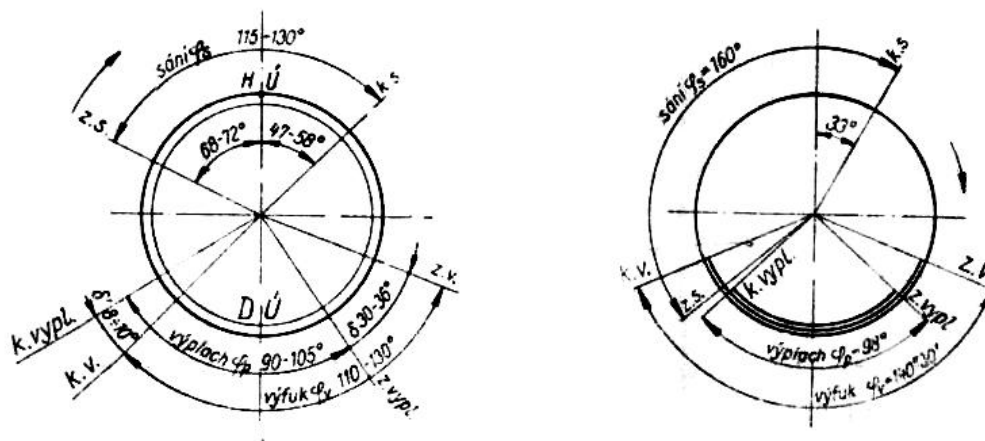


Obr. 1.5.1 Symetrický rozvodový diagram [1]

Běžné motory s rozvodem pístem mají rozvodový diagram symetrický na obě strany od horní úvratě Obr. 1.5.1. Tento rozvod má tu nevýhodu, že v důsledku dřívějšího uzavření vyplachovacího kanálku oproti výfukovému, uniká část čerstvé směsi, strhávaná proudem spalin, výfukem ven.



Značně výhodnější je rozvod nesymetrický, kterým je možno zmenšit ztráty a dosáhnout jistého stupně přeplnění válce. To se projeví vyšším výkonem Obr. 1.5.2. [1]



Obr. 1.5.2 Nesymetrický rozvodový diagram a) obecný b) se sacím šoupátkem [1]

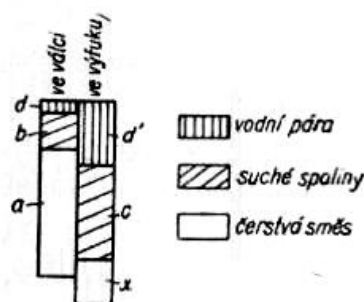
1.6 VYPLACHOVÁNÍ

Vyplachování je nejdůležitější částí celého dvoudobého cyklu, neboť má značný vliv na chod motoru, na jeho výkon, na měrnou spotřebu paliva a na průběh těchto veličin při různých otáčkách.

K posouzení jakosti vyplachování slouží ukazatelé, k jejichž určení je potřeba provést měření na zkoušeném motoru. [1]

1.6.1 KVANTITATIVNÍ SOUČINTEL VYPLACHOVÁNÍ H_K

Kvantitativní součinitel vyplachování udává poměr množství čerstvé směsi a směsi a , zbylé ve válci po uzavření výfukových otvorů, k celému množství směsi, dopravené do válce, která je rovna součtu zbylé směsi a a množství směsi x uniklé výfukem Obr. 1.6.1. [1]



Obr. 1.6.1 Poměry ve válci a výfukovém potrubí po vypláchnutí [1]



Z klikové skříně vnikla do válce čerstvá směs v množství $a+x$. Ve válci zůstane jen část a , kdežto část x unikne výfukem. Ve válci je kromě čerstvé směsi a ještě zbytek spalin, které se skládají ze suchých spalin b a z vodní páry d . Ve výfuku je část suchých spalin c spolu s vodní parou d' . Vznikly spálením části čerstvé směsi a (z předešlého oběhu) obsahující množství paliva B . Protože spaliny ve válci a ve výfuku mají stejné složení, je poměr [1]

$$\frac{d}{b} = \frac{d'}{c}. \quad (1.6.1.1)$$

Nasáté množství čerstvé směsi podle Obr. 1.6.1 lze vyjádřit jako [1]

$$F = a + x. \quad (1.6.1.2)$$

Celkové množství vlhkého plynu odcházejícího výfukem je pak [1]

$$A = x + c + d'. \quad (1.6.1.3)$$

Kvantitativní součinitel vyplachování η_K je tedy [1]

$$\eta_K = \frac{a}{a+x}. \quad (1.6.1.4)$$

K určení součinitele η_K je nutno změřit množství oxidu uhličitého v suchých spalinách ve válci krátce před otevřením výfukových kanálků. Toto množství označuje CO_2' ; CO_2'' pak množství oxidu uhličitého v suchých spalinách ve výfuku. Protože CO_2' je množství oxidu v plynu, který se ještě nemieschal se vzduchem, je tedy ve výfuku cCO_2' . Množství oxidu uhličitého ve výfukovém plynu x je zatím rovno nule, protože x představuje čerstvou směs. Po smíchání plynu je objem oxidu uhličitého [1]

$$CO_2'' = \frac{cCO_2'}{x+c} \text{ (pro suchý plyn)}. \quad (1.6.1.5)$$

$$\text{Z tohoto vztahu lze vyjádřit poměr [1]: } \frac{c}{x} = \frac{CO_2''}{CO_2' - CO_2''}. \quad (1.6.1.6)$$

Z rovnice (1.6.1.3) je [1]

$$c = A' - x, \text{ kde } A' = A - d'. \quad (1.6.1.7)$$

Dosazením do rovnice (1.6.1.6) se dostane pro x výraz [1]

$$x = A' \left(1 - \frac{CO_2''}{CO_2'} \right). \quad (1.6.1.8)$$

Dosazením rovnice (1.6.1.8) do (1.6.1.4) se získá vztah pro výpočet součinitele [1]



$$\eta_K = \frac{a}{a+x} = \frac{\alpha}{\alpha + A' \left(1 - \frac{CO_2''}{CO_2'} \right)} = 1 - \frac{A'}{F} \left(1 - \frac{CO_2''}{CO_2'} \right). \quad (1.6.1.9)$$

1.6.2 KVALITATIVNÍ SOUČINITEL VYPLACHOVÁNÍ η_L

Je to poměr čerstvé směsi a , zbylé ve válci, k celkovému množství směsi ve válci, tj. k součtu čerstvé směsi a , suchých spalin b a vodní páry d . Vyjádří se výrazem [1]

$$\eta_L = \frac{a}{a+b+d}. \quad (1.6.2.1)$$

Jako množství oxidu uhličitého v plynu ve válci krátce před zapálením směsi se zavede veličina CO_2''' [1]

$$bCO_2' = (a+b)CO_2'''. \quad (1.6.2.2)$$

Podíl vodní páry d odpadá, protože CO_2 a CO_2' lze považovat za suchý plyn. Z rovnice (1.6.2.2) tedy vyplývá, že [1]

$$b = \frac{aCO_2''}{CO_2' - CO_2''}. \quad (1.6.2.3)$$

A protože platí $\frac{d}{b} = \frac{d'}{c}$ a $A = x + c + d'$, je možné psát [1]

$$c = A - d' - x = A' - x. \quad (1.6.2.4)$$

Z rovnic (1.6.2.4) a (1.6.1.3) s použitím vztahu (1.6.1.7) lze vyjádřit pro η_L dle rovnice (1.6.2.1) [1]

$$\eta_L = \frac{a}{a+b+d} = \frac{1 - \frac{CO_2''}{CO_2'}}{1 + \frac{CO_2'''}{CO_2''} \left(\frac{1}{f} - 1 \right)}, \quad (1.6.2.5)$$

kde $f = \frac{A'}{A}$ označuje absolutní vlhkost plynu. [1]



1.6.3 CELKOVÝ SOUČINITEL PLNĚNÍ η_P

Pro výkon dvoudobého motoru je kromě součinitelů η_K a η_L rozhodujícím ještě součinitel udávající celkové množství plynu, které po uzavření kanálků zůstává ve válci.

Označí-li se $a + b + d = V_u$, pak [1]

$$\eta_P = \frac{V_u}{V_h}. \quad (1.6.3.1)$$

Použije-li se za V_u rovnice (1.6.2.6), kde

$$a + b + d = 1 + \frac{CO_2^{III}}{CO_2^{II}} \left(\frac{1}{f} - 1 \right), \quad (1.6.3.2)$$

je možno psát, že [1]

$$\eta_P = \frac{1 + \frac{CO_2^{III}}{CO_2^{II}} \left(\frac{1}{f} - 1 \right)}{V_h}. \quad (1.6.3.3)$$

1.6.4 STUPEŇ NAPLNĚNÍ ČERSTVOU SMĚSÍ P

Je to součin kvantitativního součinitele η_K a celkového součinitele plnění η_P , kde [1]

$$\rho = \eta_K \eta_P = \frac{a}{a + x} \frac{V_u}{V_h}. \quad (1.6.4.1)$$

1.6.5 STUPEŇ PLNĚNÍ λ_P

Stupeň plnění udává poměr dodaného množství směsi V_s ke zdvihovému objemu válce V_h , tedy [1]

$$\lambda_P = \frac{V_s}{V_h}. \quad (1.6.5.1)$$

U motorů s vyplachováním klikovou skříní je množství dodané směsi V . U motorů s vyplachováním klikovou skříní je množství dodané směsi V_s dáno nasátým zdvihovým objemem válce V_h násobeným objemovou účinností η_v [1]

$$\lambda_P = \frac{V_h \eta_v}{V_h} = \eta_v. \quad (1.6.5.2)$$



1.6.6 STUPEŇ SMÍŠENÍ δ_s

Je dán poměrem části čerstvé směsi x' , smíchané se spaliny při vstupu do válce k jejímu celkovému množství. Míšení začíná při otevření vyplachovacích kanálků a trvá až do uzavření kanálků výfukových.

Stupeň smíšení je roven [1]

$$\delta_s = \frac{x + x'}{F}. \quad (1.6.6.1)$$

A protože platí $\frac{x'}{b+d} = \frac{x}{c+d'}$, je možno psát, že [1]

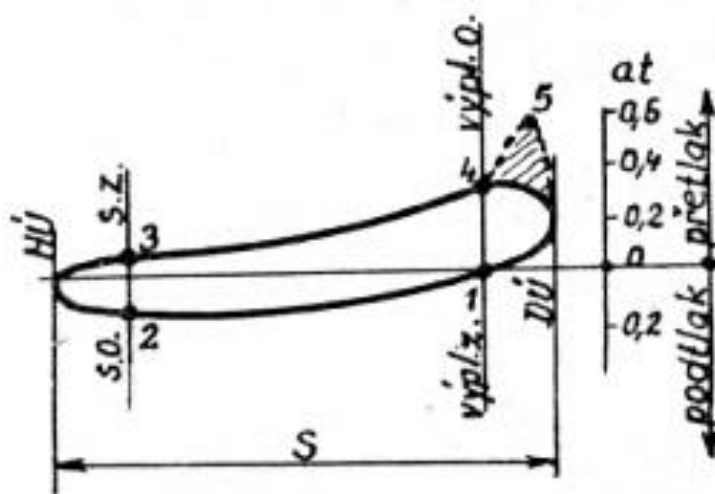
$$\delta_s = (1 - \eta_K) \left(1 + \frac{b+d}{c+d'} \right). \quad (1.6.6.2)$$

Zavedením hodnot η_K a η_L lze stupeň smíšení přepsat do tvaru [1]

$$\delta_s = (1 - \eta_K) \frac{\frac{A}{F} - \left(1 - \frac{\eta_K}{\eta_L} \right)}{\frac{A}{F} - (1 - \eta_K)}. \quad (1.6.6.3)$$

1.7 KLIKOVÁ SKŘÍŇ

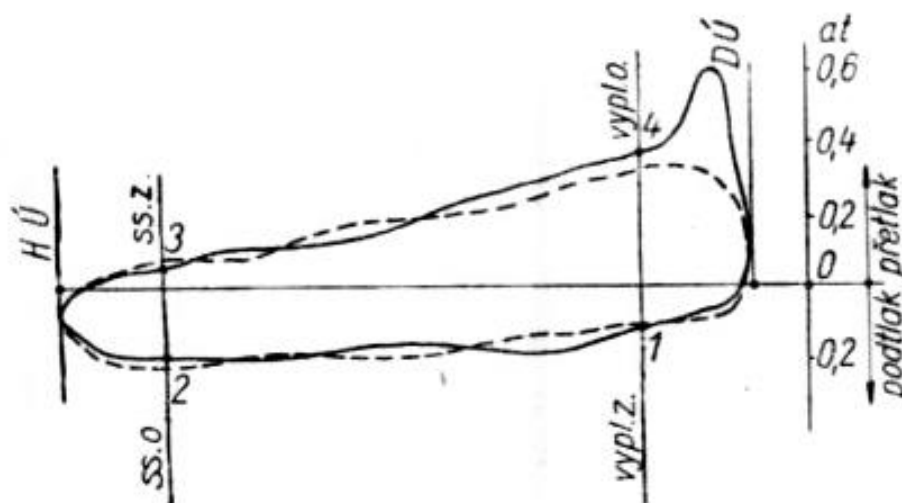
Kliková skříň dvoudobého motoru má dvojí účel. Jednak se do ní ukládá klikový hřídel a upevňuje se na ni válec, a jednak tvoří s pístem dmychadlo. Při sacím zdvihu pístu z dolní úvrati do horní v ní vzniká podtlak, při zdvihu z horní úvrati do dolní přetlak. Z toho důvodu musí být kliková skříň dokonale utěsněna. [1]



Obr.1.7.1 Teoretický tlakový diagram klikové skříně [2]

Na Obr. 1.7.1 je plnou čarou vyznačen teoretický tlakový diagram klikové skříně dvoudobého motoru. Nad čarou atmosférického tlaku je přetlak, dole podtlak. Dále je vyznačeno otevření a zavření sacích a vyplachovacích kanálků a úvrati. [2]

Skutečný tlakový diagram Obr. 1.7.2 se podstatně liší od diagramu teoretického. Čárkovaný diagram platí pro chod motoru bez zapalování. Po otevření vyplachovacích kanálků klesne ve skříně tlak. Při chodu motoru se zapalováním (plná čára) se v diagramu objevuje účinek zvýšeného tlaku ve válci motoru. Po otevření vyplachovacích kanálků tlak stoupne z hodnoty 0,4 atm na 0,6 atm poměrně velmi prudce. Je to způsobeno vniknutím spalín z válce, které mají v okamžiku otevření kanálků značný přetlak. Dochází k mísení spalín s čerstvou směsí a znehodnocování mazacího oleje. Mimo to se navíc kliková skříň ohřívá, a tak klesá objemová účinnost.



Obr. 1.7.2 Skutečný tlakový diagram klikové skříně [1]

Objemová účinnost klikové skříně η_v je vlastně objemovou účinností celého motoru. Při vyšších otáčkách její hodnota značně klesá. Na velikosti objemové účinnosti má kromě jiných veličin také vliv poměr škodlivého prostoru ke zdvihovému objemu válce. Avšak přehnané zmenšení škodlivého prostoru, jak se jej hojně používá ve snaze dosáhnout vyššího výkonu, nemá takový význam, jaký se mu často přisuzuje. Daleko většího zlepšení účinnosti se dá dosáhnout nesymetrickým rozvodem např. sacím šoupátkem. Zlepšení nastává hlavně v nižších otáčkách, kde se projeví zvýšením točivého momentu.

Velikost účinnosti η_v lze určit z tlakového diagramu klikové skříně [1]

$$\eta_v = \frac{V_0}{V_h}, \quad (1.7.1)$$

kde V_0 označuje objem směsi za normálního stavu a jeho velikost je dána rovnicí [1]



$$V_0 = 265 \frac{V_2}{T_{\text{sec}}} (p_3 - p_2). \quad (1.7.2)$$

Proto lze psát [1]

$$\eta_v = \frac{265 \frac{V_2}{T_{\text{sec}}} (p_3 - p_2)}{V_h}. \quad (1.7.3)$$

Z tohoto vztahu je patrné, že značný vliv na účinnost má teplota klikové skříně T_k . Čím chladnější skříně bude, tím bude účinnost větší. Proto je nutné klikovou skříně intenzivně chladit, obvykle proudem vzduchu. [1]

1.8 VLIV VÝFUKOVÉHO TLUMIČE NA PLNĚNÍ

U čtyřdobých motorů je tlak potřebný k výfuku vyvozen mechanicky, tj. spálené plyny jsou hnány přímo z válce pohybem pístu vzhůru výfukovým ventilem do výfukového potrubí.

U dvoudobých motorů je tomu jinak. Výfuk spálených plynů z válce se děje rozdílem tlaku plynu ve válci a tlaku atmosférického vzduchu. Mimo to má na výfuk vliv i odpor výfukového potrubí.

Jelikož probíhá výfuk dvoudobých motorů po dobu mnohem kratší než u motorů čtyřdobých, je vliv odporu výfukového potrubí také mnohem větší.

Výfukový tlumič musí být konstruován tak, aby kladl výfukovým plynům co nejmenší odpor. Splnění této podmínky je však velmi obtížné, poněvadž dokonalé ztlumení hluku je provázáno ztrátou na výkonu motoru. [3]

Konstrukce výfukového potrubí má velký vliv na správné vyplachování válce čerstvou směsí. Při průchodu spalín výfukem vzniká v potrubí kmitání plynu. To může mít na chod motoru buď příznivý, nebo nepříznivý vliv.

U všech správně navržených dvoudobých motorů se více či méně využívá **Kadenacyho účinku** k vypláchnutí válců.

U motorů, využívajících Kadenacyho účinku, je využito tlakových vln ve výfukovém potrubí k plnění a výplachu válce bez jakéhokoliv dmyhadla. Této soustavy se však dá plně využít pouze u motorů, pracujících se stálým počtem otáček (stacionární motory).

Aby bylo dosaženo co největšího využití tohoto účinku, je nutno splnit tyto podmínky:

- a) správný předstih výfuku,
- b) rychlé otevření výfukových kanálků,
- c) aerodynamicky správný výtok spalín (bez škrcení),



- d) správné uspořádání výfukové soustavy,
- e) zamezení zpětného účinku vln ve výfukové soustavě.

Kadenacyho účinek vzniká u motoru s jakoukoliv délkou potrubí. Za příznivých podmínek může pohybová energie spalin tento účinek podporovat. [1]

1.9 MAZÁNÍ DVOUDOBÝCH MOTORŮ

1.9.1 ÚČEL MAZÁNÍ

Vzájemným pohybem jednotlivých částí klikového mechanismu motoru vzniká tření, způsobující ohřívání a tím i rozpínání pístu, pístního a klikového čepu i částí klikového hřídele, kterými je otáčivě uložen v hlavních ložiskách. S rozpínáním roste i odpor kladený pohybu čepu v pouzdrech a pístu ve válci, takže by mohlo dojít po určité době k zadření.

Úkolem oleje v motoru zůstává oddělit třecí kovové plochy tenkou olejovou vrstvou. Mění tak suché tření v kapalinné. Vrstva oleje, obvykle dosahující několika setin milimetru, musí vydržet vysoký tlak a teplotu, které panují při vysokých rychlostech.

Olej má dále úlohu těsnící. Při pohybu pístu směrem nahoru a dolů olejový film na stěnách válce způsobuje jemné utěsnění pístních kroužků a tím také celého spalovacího prostoru.

Olej musí také odvádět teplo vzniklé třením. Chlazení bude tím vydatnější, čím více oleje se k třecím plochám dopraví. [3]

1.9.2 MAZÁNÍ SMĚSÍ OLEJE A BENZÍNU

Nejběžnějším způsobem mazání tříkanálových dvoudobých motorů s předkompresí v klikové skřini je mazání směsí oleje a benzínu. S ohledem na jednoduchost je tento způsob mazání nejjednodušší.

Olej, přimísený do benzínu, se v karburátoru rozpráší. Při vniknutí do klikového prostoru se část oleje vyloučí na stěnách motorové skříně, válce i na celém klikovém mechanismu. Všechn olej se však neodloučí, část přechází do spalovacího prostoru, kde se spaluje a je tak pro mazání ztracena. [3]

Z pohledu hospodárnosti není tento princip nejlepším, avšak velkou výhodou je fakt, že do motoru přichází stále čerstvý olej, jehož dávka úměrně roste se zatížením motoru.

1.9.3 MAZÁNÍ TLAKOVÉ A SPÁDOVÉ

U tohoto mazání se všechny olej přivádí přímo k místům spotřeby. Nedochází ke ztrátám spálením, poněvadž palivo a olej jsou od sebe odděleny.



K dopravě oleje při spádovém mazání se využívá zemské gravitace, kdy je olejová nádrž umístěná v dostatečné výšce nad místem spotřeby oleje. Tohoto systému mazání se v dnešní době prakticky nevyužívá.

Tlakové mazání se používá u dražších motorů, protože ústrojí, jímž se olej k místům spotřeby dopravuje, zdražuje konstrukci. [3]

K dopravě mazacího oleje se využívá převážně zubového nebo pístového čerpadla. [4]



2 JEDNOTLIVÁ PROVEDENÍ ROZVODŮ DVOUDOBÝCH MOTORŮ

2.1 MOTORY S PŘEDKOMPRESÍ V KLIKOVÉ SKŘÍŇI

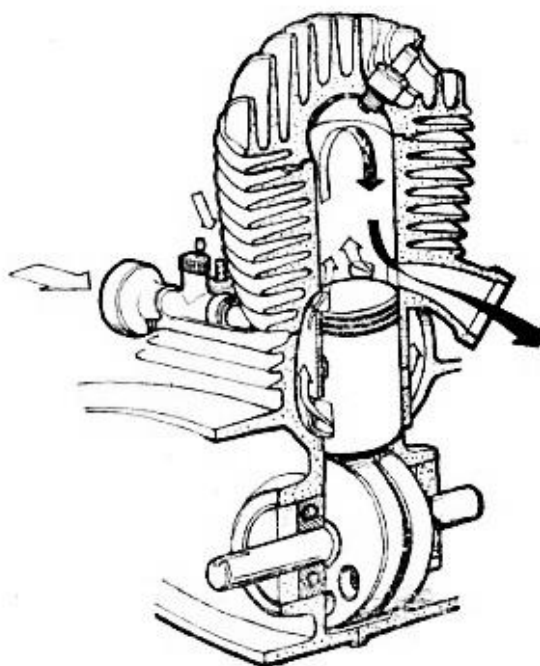
Tyto motory jsou vesměs tříkanálové a jednotlivé konstrukce se liší jen v podrobnostech. [3]

2.1.1 ROZVOD PÍSTEM S DEFLEKTOREM (PŘÍČNÉ VYPLACHOVÁNÍ)

Funkce tohoto motoru je již popsána v kapitole 2.1.

2.1.2 ROZVOD PÍSTEM S VRATNÝM VYPLACHOVÁNÍM

V roce 1925 si německý inženýr Dr. Schnürle nechal patentovat nový způsob vyplachování válce dvoudobého motoru.



Obr. 2.1.2 Schéma motoru s vratným vyplachováním [2]

Oproti motoru s příčným vyplachováním má motor s vratným vyplachováním píst s rovným, případně mírně vypouklým dnem. Je zaručeno jeho rovnoměrné roztahování. Proto může být ve válci těsnější. U dvoudobého motoru je to důležité, protože píst musí těsnit současně vysoký tlak ve válci a nízký tlak případně podtlak klikové skříně.



Další výhodou vratného vyplachování je dokonalejší odstranění spalin z válce. Tím se zvyšuje výkon asi o 10% a klesá měrná spotřeba Obr. 2.1.2. [2]

Čerstvá směs, stlačená pod pístem v klikové skříni, proudí do válce dvěma vyplachovacími kanály, skloněnými proti sobě asi o 120° . Mírně vypouklé dno pístu odklání oba proudy šikmo vzhůru. Ty se setkávají na protilehlé stěně válce, která tvoří jakýsi deflektor. Podél stěny válce pokračuje vzhůru už jen jeden společný proud, který před sebou tlačí spaliny a vrací se na straně výfukových kanálů podél stěny válce opět dolů. Proto se tato konstrukce nazývá vratné vyplachování.

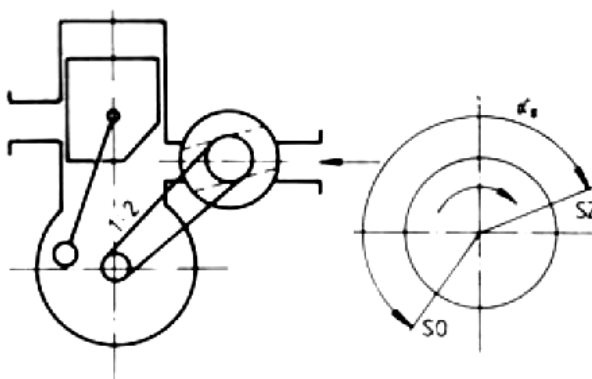
Vyplachovací i výfukové kanály jsou blízko sebe. Na výplachu se značnou měrou podílí i výfuková soustava.

Typickými představiteli této konstrukce jsou poválečné motocykly Jawa a ČZ. [2]

Výhodou této konstrukce je jednoduchost, nízké výrobní náklady a značná robustnost, spojená s nízkým opotřebením.

Nevýhodou je souměrný rozvodový diagram a z toho plynoucí úniky paliva do výfuku, dále pak nízká objemová účinnost mimo optimální rozsah otáček a výrazné pulzace v sacím i výfukovém potrubí. [8]

2.1.3 ROZVOD VÁLCOVÝM ŠOUPÁTKEM



Obr. 2.1.3 Rozvod sání válcovým šoupátkem [8]

Válcové šoupátko přebírá funkci hran pístu a řídí časování sání. Je umístěno v nálitku klikové skříně motoru Obr. 2.1.3.

Šoupátko je poháněno klikovým hřídelem v poměru 1:2. Řídí pouze sání do prostoru klikové skříně. Převodový poměr náhonu šoupátka vyplývá ze symetrického řešení hran příčného otvoru v šoupátku.

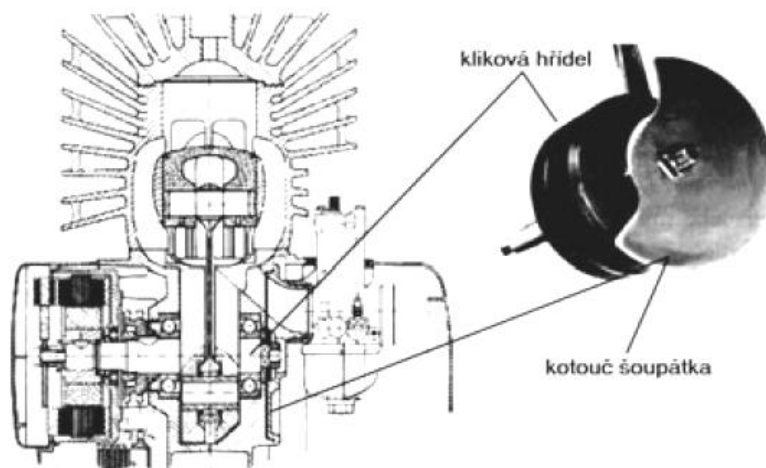
Výhodou tohoto řešení je možnost nesymetrického rozvodu sání vzhledem k horní úvrati pístu. Uzavřením sacího kanálu blíže horní úvrati lze zamezit vzniku pulzací v sacím traktu.

Jednoznačnou nevýhodou je pak nutnost použití dlouhého sacího kanálu, který zvětšuje škodlivý prostor klikové skříně. Vzniká také hlučnost motoru a projevuje se sklon k zadírání šoupátka v radiálním směru. [8]

2.1.4 ROZVOD KOTOUČOVÝM (ROTAČNÍM) ŠOUPÁTKEM

Rotační šoupátko se obvykle vyrábí z ocelového plechu tloušťky 0,5–0,8 mm, případně z tvrzených plastických hmot. Šoupátko je pevně spojeno s klikovým hřídelem. [8]

Umisťuje se mezi karburátor a prostor klikové skříně Obr. 2.1.4.



Obr. 2.1.4. Rozvod sání kotoučovým šoupátkem [7]

Typickým zástupcem této koncepce je motocyklový motor Jawa 90, vyráběný v Povážských strojírnách a závodní motocykly Ravo, konstruované Vlastimilem Rainem v 70. a 80. letech minulého století. Ze zahraniční produkce to byl např. dvouválcový motor značky Trabant.

Výhodou je možnost použití velmi krátkého sacího kanálu, jeho velký průřez a možnost nesymetrického rozvodu a tím zamezení pulzací v sacím traktu. Rotační šoupátko také umožňuje jednoduchou změnu časování rozvodu sání.

Nevýhodou bývá problematické utěsnění šoupátka, jeho rychlejší opotřebení a s tím spojená zvýšená spotřeba oleje. Dále je to pak zvětšení šířky motoru a problémy s umístěním zapalování na klikovém hřídeli. [8]

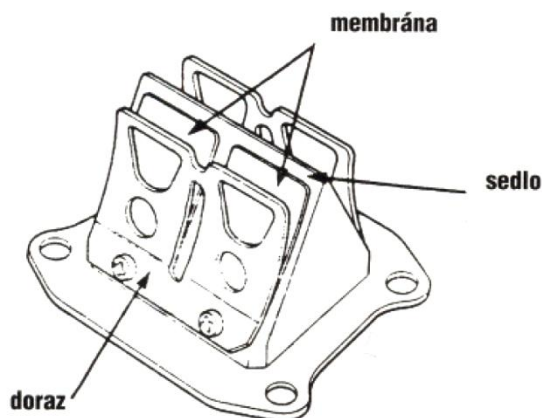


2.1.5 ROZVOD JAZÝČKOVÝM (MEMBRÁNOVÝM) VENTILEM

Rozvod jazýčkovým ventilem je v současné době nejčastěji používaným rozvodem u rychloběžných karburátorových motorů.

Ventil sestává z pryžové membrány s 2–8 jazýčkovými ventily, které uzavírají sací kanál a otevírají se při sacím zdvihu. Při stlačování se působením tlaku membrána uzavře a zabrání zpětnému proudění směsi. Tím zlepšuje plnění.

Kostra ventilu Obr. 2.1.5 se zhotovuje z hliníkové slitiny, popřípadě z polyuretanu s navulkanizovanou vrstvou pryže v místech dosednutí jazýčku na sedlo ventilu. Jazýček se zhotovuje z plastických hmot o tloušťce 0,3–0,6 mm. Doraz jazýčku, tvarující průběh ohybu a omezující namáhání materiálu v místě uchycení jazýčku, se zhotovuje z plechu o tloušťce 1–1,5 mm.



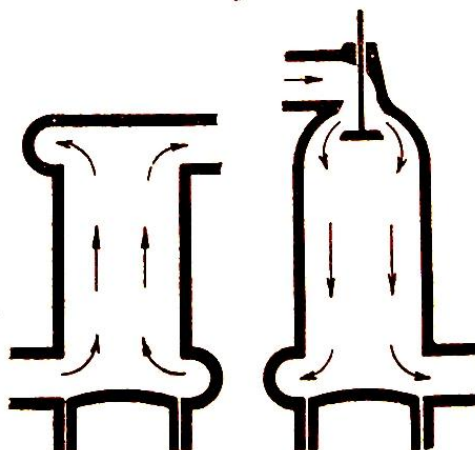
Obr. 2.1.5: Konstrukce jazýčkového ventilu [8]

Tato konstrukce je výhodná z důvodu úplného zamezení pulzací v sacím systému, možnosti libovolného umístění karburátoru u klikové skříně. Zlepšuje se průběh otáčivého momentu motoru, a to převážně v nízkých a středních otáčkách.

Naopak nevhodné je použití jazýčkového ventilu na motorech o velmi vysokých otáčkách, kdy se již nestíhá membrána dostatečně rychle otevírat. [8]

2.2 SOUPROUDÉ VYPLACHOVÁNÍ

U klasické konstrukce dvoudobého motoru je přívod čerstvé směsi a výfuk uspořádán ve spodní části pracovního válce. S tím souvisejí potíže při uskutečnění dobrého přepouštění. Tyto potíže lze odstranit pracovním válcem, do něhož čerstvý plyn vchází jednou stranou a druhou odchází spálené zbytky do výfuku Obr. 2.2. Čerstvá směs tak vniká do válce pouze v jednom směru a vytlačuje spálené plyny jako skutečný píst. Směs se tak nemůže tolik mísit se spálenými plyny a při vhodně zvolených dobách přepouštění a výfuku, lze omezit ztráty paliva výfukem na nejmenší možnou míru. [3]



Obr. 2.2 Schéma motoru se souproudým vyplachováním [3]

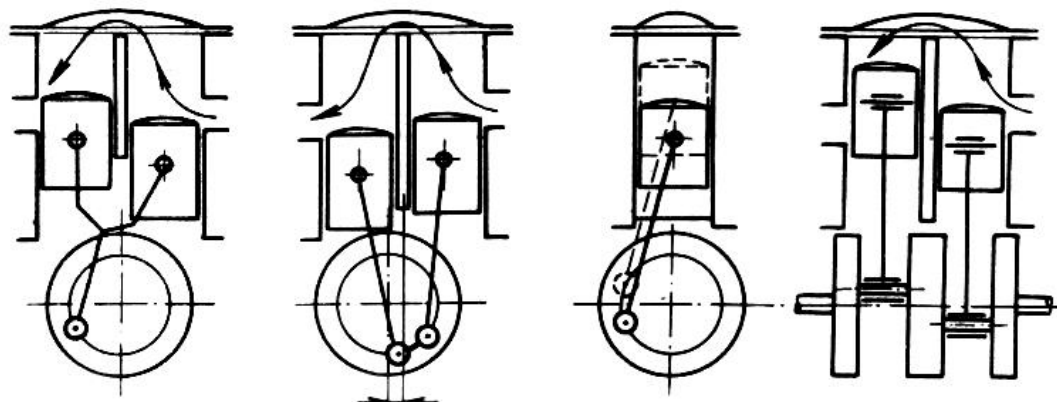
Souproudé vyplachování lze použít i u motorů s velkým průměrem a zdvihem. Z hlediska termické účinnosti je vyplachování souproudem velice výhodné. Lze jej aplikovat u motorů s poměrem zdvihu k vrtání válce kolem hodnoty 2. [3]

2.2.1 MOTORY S PEVNÝM DEFLEKTOREM (S PODVOJNÝMI VÁLCI)

Až doposud zmíněné motory vykazují oproti čtyřtaktům poměrně vysokou spotřebu paliva na jeden kW výkonu díky převážně symetrickému rozvodu. Je však důležité také potlačit víření, vznikající vytlačováním spálených plynů z válce čerstvou směsí při přepouštění. [3]

Zajímavým řešením se stala konstrukce dvoupístového jednoválcového motoru Obr. 2.2.1. Dva písty pracují ve dvou rovnoběžných, zpravidla těsně za sebou umístěných válcích, jejichž spalovací prostor je společný. Přední píst ovládá pouze výfukový a zadní pouze přepouštěcí kanál. Směs proudí od přepouštěcího kanálu celým průřezem zadního válce do spalovacího prostoru a dále předním válcem do výfukového systému a dochází tak k výhodnému souproudému systému vyplachování.

Podstatným znakem dvoupístového motoru je nesouměrnost běhu pístu, která vznikne buď rozvidlením ojnice do tvaru písmene Y (konstrukce firmy Puch), nebo uložení ojnice jednoho pístu k ojnici druhého pístu (konstrukce Manet). Správnou volbou geometrických poměrů dojde sice k dřívějšímu uzavření výfuku než přepouštění při pohybu pístu nahoru, ale složitost a vysoká celková hodnota posuvných hmot je rozhodující nevýhodou, a proto byla stavba dvoupístových motorů opuštěna. [7]



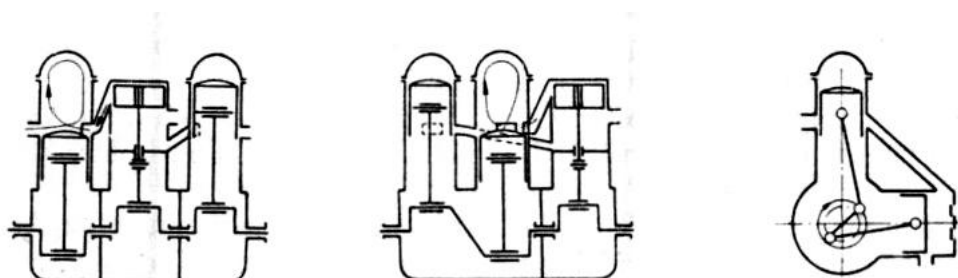
Obr. 2.2.1 Tři nejběžnější uspořádání dvoupístového motoru a) rozvidlená ojnice b) ojnice hlavní a pomocná c) dva ojnicí čepy. [7]

Jelikož má tento motor dva písty a dvě ojnice, je škodlivý prostor klikové skříně poměrně velký. To má nepříznivý vliv na stlačení směsi v klikové skříně a na dokonalost vypláchnutí válce. Zmenšuje-li se zdvihový objem motoru, stává se poměr objemu škodlivého prostoru k objemu válce méně příznivým. Proto není vhodné používat podvojných válců a vyplachování klikovou skříní u motorů se zdvihovým objemem menším jak 175 cm^3 . [1]

2.3 MOTORY S NEZÁVISLÝM DMYCHADLEM

U motorů s nezávislým dmychadlem se stlačování směsi před přepouštěním do válce neděje ve skříně tak, jak je tomu u motorů tříkanálových. To má své výhody. Eliminují se ztráty únikem čerstvé směsi kolem klikového hřídele, který nemusí být dokonale utěsněn. Lze použít kluzných ložisek, která jsou levnější a tišší. Mrtvý prostor části válce, sloužící k nasávání čerstvého plynu, může být zredukován na minimum. [3]

Ke konstrukci se využívají převážně dmychadla pístová Obr. 2.3.1 nebo rotační (Rootsova, odstředivá, lopatková). Lze jimi jednoduše motor přepřínovat, čímž vzrůstá výkon. [1]



Obr. 2.3.1 Konstrukční uspořádání pístového dmychadla [1]

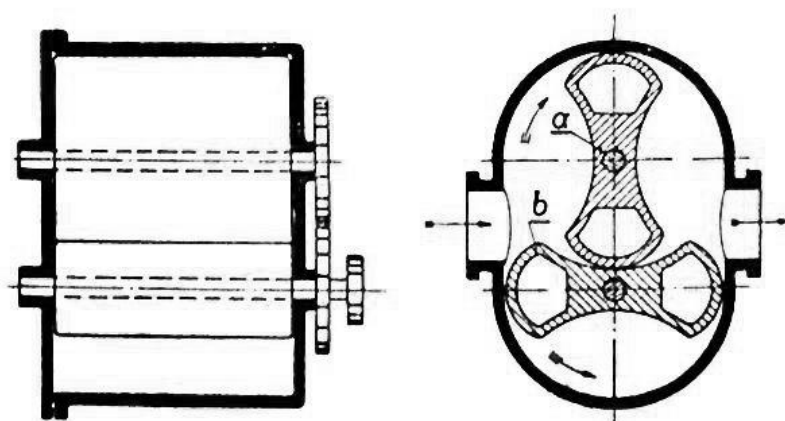


Kliková skříň, která nyní nepřichází do styku s palivem, se může využít k umístění olejové nádrže. Celý motor se pak maže tlakovým olejem. [3]

U dvoudobých benzínových motorů sériové produkce se této konstrukce využívá jen ojediněle, hlavně z důvodu značné komplikovanosti celého mechanismu. Nezávislá dmychadla nacházejí uplatnění převážně u sportovních a závodních motorů, kde se využívají k jejich přeplňování. [1]

Následkem větších třecích ztrát je mechanická účinnost motoru s pístovým dmychadlem horší, než u motorů s vyplachováním klikovou skříní. Těchto dmychadel se dnes u benzínových rychloběžných motorů nepoužívá. Před druhou světovou válkou jich však hojně využívala firma DKW u čtyřválcových motorů do V. Dmychadlo bylo dvojčinné a každá dvojice válců tak měla svoje dmychadlo. Pro velkou složitost celého mechanismu trpěl tento motor množstvím provozních závad.

Rotačních Rootsových dmychadel se často využívá u dvoudobých motorů naftových, kde se vyplachuje pouze vzduchem, nikoliv směsí vzduchu a paliva, a to jak u motorů ventilových tak i bezventilových. [1]



Obr.2.3.2 Konstrukce rotačního dmyhadla [3]

Samotná konstrukce je poměrně jednoduchá. V hliníkové skříni, opatřené žebry, rotují dvě tělesa **a** a **b**. Rotují-li obě ve směru šipek, nasává dmychadlo levým hrdlem a pravým vytlačuje.

U dvoudobých motorů není třeba příliš vysoké komprese pro přepouštění plynu do prostoru pracovního válce. Je však třeba velmi rychle přivést velké množství čerstvé směsi do válce, naplněného výfukovými plyny, v okamžiku, kdy je válec spojen s atmosférou. Teoreticky není třeba pro výplach ani tak vyššího tlaku, ale spíše větší rychlosti. Z tohoto hlediska stačí jediné rotační dmychadlo k napájení celé skupiny válců. [3]



ZÁVĚR

Tato bakalářská práce je pouhým nástinem problematiky rozvodů dvoudobých motorů. Existuje celá řada dalších, v této práci nezmíněných konstrukcí, jejichž detailní popis by překračoval několikanásobně rámec práce.

Přesto bylo snahou uvést nejúspěšnější a v mnoha případech i nejčastěji používané způsoby rozvodů u dvoudobých motorů.

V dnešní době by se mohlo zdát, že již dvoudobý motor nenachází uplatnění, avšak nezastupitelnou roli stále hraje jako levná a relativně výkonná pohonná jednotka různého zahradnického nářadí, lesnických pil či motocyklů s malým a středním zdvihovým objemem motoru.

Pokud se v budoucnu podaří vyřešit problémy s vyšší spotřebou paliva, horšími emisemi výfukových plynů a na přijatelnou úroveň se sníží hluchnost motorů, převážně chlazených vzduchem, lze předpokládat, že by mohla nastat renesance dvoudobých motorů.

Velká jednoduchost a spolehlivost je pro toto dostatečným důvodem.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] VYKOUKAL, R. *Dvoudobé motory vozidlové*, Praha: SNTL – Státní nakladatelství technické literatury, 1957.
- [2] VYKOUKAL, R. a kol. *Motorová vozidla: jejich technika a provoz*, Praha: NADAS – Nakladatelství dopravy a spojů, 1964.
- [3] KOUBEK, J. *Dvoutaktní motory*, Praha: Josef Hokr, 1946.
- [4] RÁFL, J., RITSCHL, E. *Dvoudobý benzínový motor*, Praha: SNTL – Státní nakladatelství technické literatury, 1964.
- [5] JANSÁ, V. a kol. *Konstrukce motocyklu*, Praha: SNTL – Státní nakladatelství technické literatury, 1960.
- [6] BUDLOVSKÝ, J. *Motory*, Praha: SNTL – Státní nakladatelství technické literatury, 1967.
- [7] HUSÁK, P. *Motocykly s dvoudobým motorem*, Praha: SNTL – Státní nakladatelství technické literatury, 1978.
- [8] RAUSCHER, J. *Vozidlové motory* [online]. ©2003 [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <http://www.iae.fme.vutbr.cz/opory/Vozidlove.motory.pdf>.



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	$[\text{cm}^3]$	objem čerstvé směsi ve válci po uzavření výfukových otvorů
A	$[\text{cm}^3]$	celkový objem vlhkého plynu odcházejícího výfukem
$A-A_1$	$[\text{Pa}]$	tlakový rozdíl v průtokovém průřezu
b	$[\text{cm}^3]$	objem suchých spalín ve válci po uzavření výfukových otvorů
B	$[\text{cm}^3]$	objem paliva v a
C	$[-]$	motorová konstanta
c	$[\text{cm}^3]$	objem suchých spalín ve výfuku uzavření výfukových otvorů
CO_2'	$[\text{cm}^3]$	objem CO_2 ve spalínách před otevřením výfukových otvorů
CO_2''	$[\text{cm}^3]$	objem CO_2 ve výfuku
CO_2'''	$[\text{cm}^3]$	objem CO_2 ve válci před zapálením směsi
D	$[\text{mm}]$	průměr pístu
d	$[\text{cm}^3]$	objem vodní páry ve válci po uzavření výfukových otvorů
d'	$[\text{cm}^3]$	objem vodní páry ve výfuku po uzavření výfukových otvorů
F	$[\text{cm}^3]$	nasátý objem čerstvé směsi
f	$[-]$	absolutní vlhkost plynu
g	$[\text{ms}^{-2}]$	tíhové zrychlení
H	$[\text{mm}]$	výška sacího kanálu
K	$[\text{Pa}]$	podtlak v klikové skříně
K_m	$[\text{Pa}]$	plnicí tlak
M	$[-]$	součinitel odporu potrubí
n	$[-]$	počet otáček
P	$[\text{mm}^2]$	plocha pístu
p_2	$[\text{Pa}]$	tlak v klikové skříně před uzavření přepouštěcího kanálu
p_3	$[\text{Pa}]$	tlak v klikové skříně po uzavření přepouštěcího kanálu
q	$[\text{cm}^3]$	teoretické množství nasáté směsi
Q	$[\text{cm}^3]$	skutečný objem nasáté směsi
R	$[\text{mm}]$	poloměr kliky
s	$[\text{cm}^2]$	průtokový průřez
T_{sec}	$[\text{s}]$	doba otevření sacího kanálu
V	$[\text{mm}^3]$	objem škodlivého prostoru
V_0	$[\text{cm}^3]$	objem čerstvé směsi za normálního stavu
V_2	$[\text{cm}^3]$	objem klikové skříně

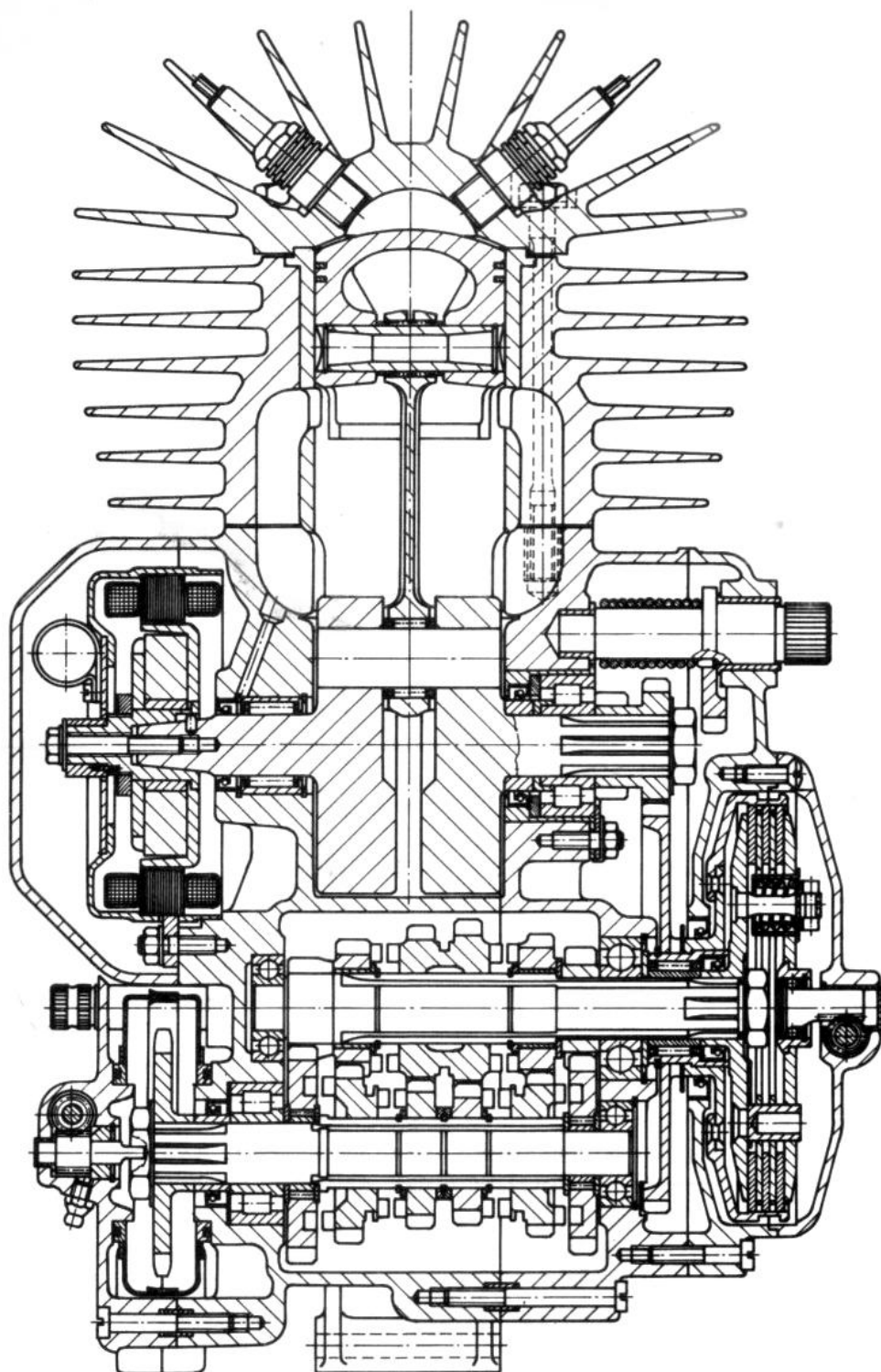


V_h	$[\text{cm}^3]$	zdvihový objem
V_n	$[\text{mm}^3]$	nasávaný objem
V_s	$[\text{cm}^3]$	objem dodávaného množství směsi
V_u	$[\text{cm}^3]$	objem plynu ve válci po uzavření výfukových otvorů
x	$[\text{cm}^3]$	objem čerstvé směsi uniklé výfukem
x'	$[\text{cm}^3]$	objem čerstvé směsi, smíchané se spaliny při vstupu do válce
Z	$[\text{mm}]$	zdvih pístu
α	$[\text{°}]$	úhel otevření sacího kanálu
η_K	$[-]$	kvantitativní součinitel vyplachování
η_L	$[-]$	kvantitativní součinitel vyplachování
η_P	$[-]$	celkový součinitel plnění
η_v	$[-]$	objemová účinnost
λ_P	$[-]$	stupeň plnění
ρ	$[-]$	stupeň naplnění čerstvou směsí
δ	$[\text{kgm}^{-3}]$	hustota směsi v průtokovém průřezu
δ_p	$[\text{°}]$	předstih výfuku
δ_s	$[-]$	stupeň smíšení

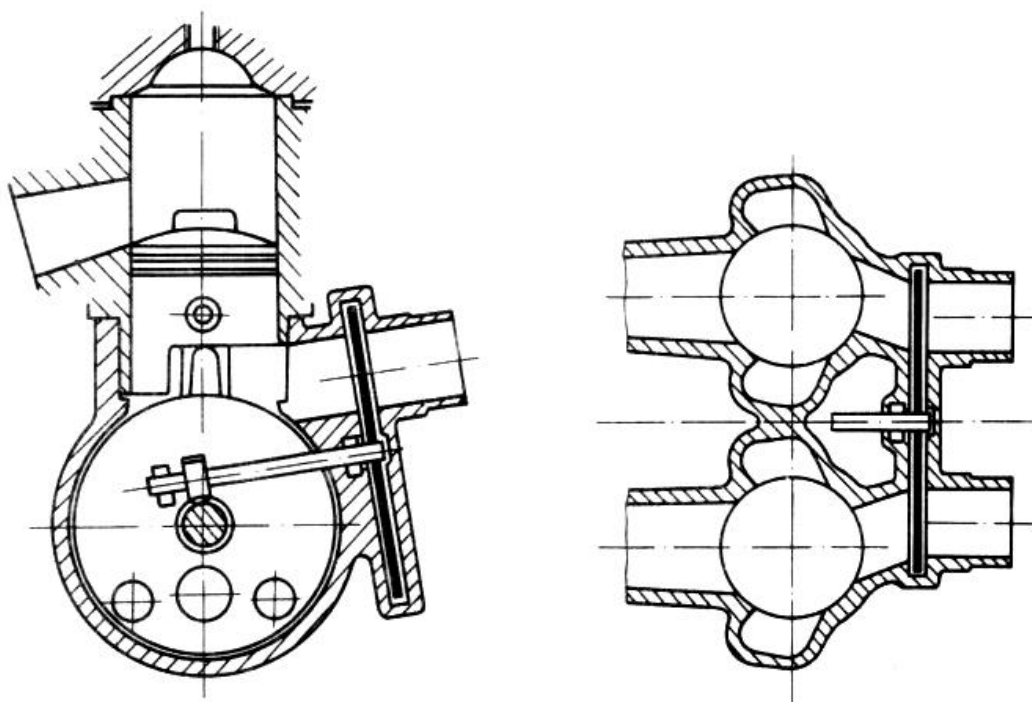


SEZNAM PŘÍLOH

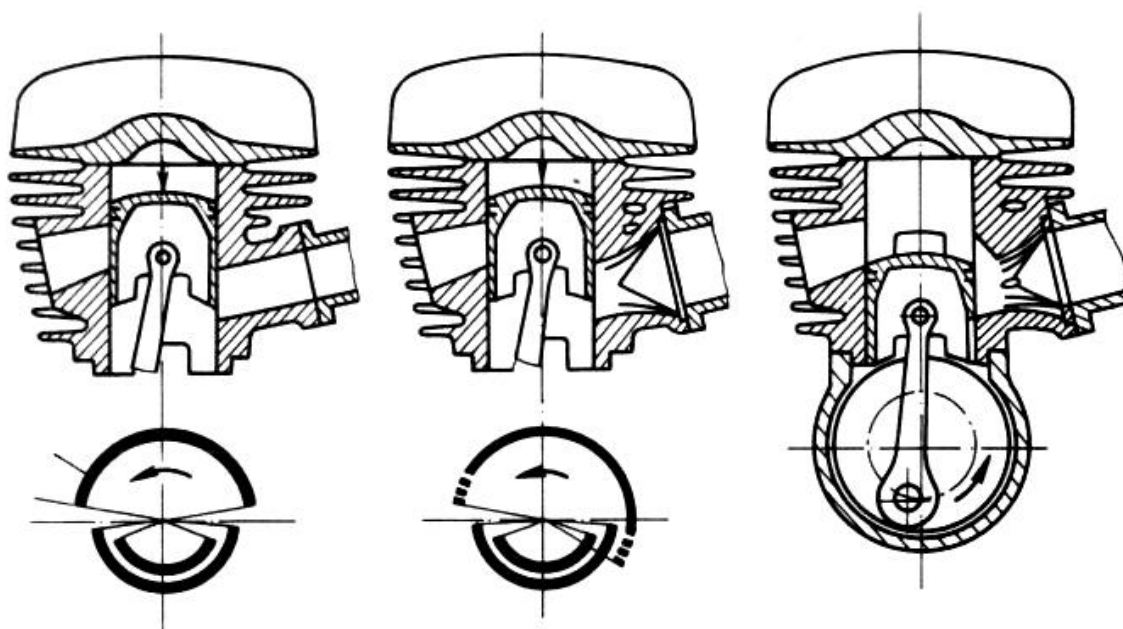
Příloha 1	Řez soutěžním motorem Jawa 175	I
Příloha 2	Příklad konstrukce motoru s rotačním šoupátkem a vratným vyplachováním.....	II
Příloha 3	Porovnání činnosti rozvodových diagramů dvoudobého motoru.....	II
Příloha 4	Podélný řez vodou chlazeným motorem S2b s podvojnými válci.....	III
Příloha 5	Příčný řez vodou chlazeným motorem S2b s podvojnými válci.....	IV
Příloha 6	Příčný řez šestiválcovým dieselovým motorem Foden FD.....	V



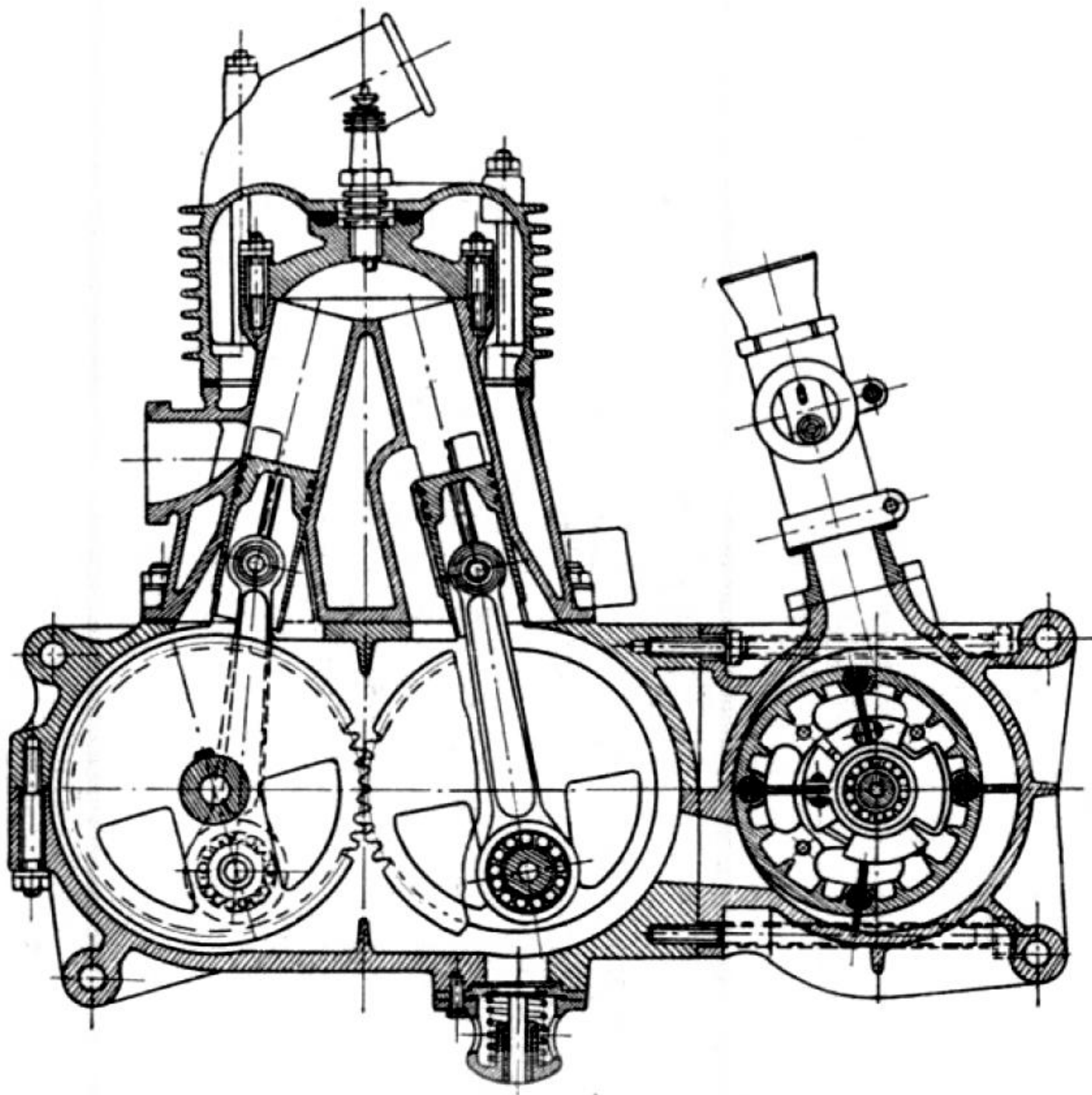
Příloha 1. Řez soutěžním motorem Jawa 175 cm³. [7]



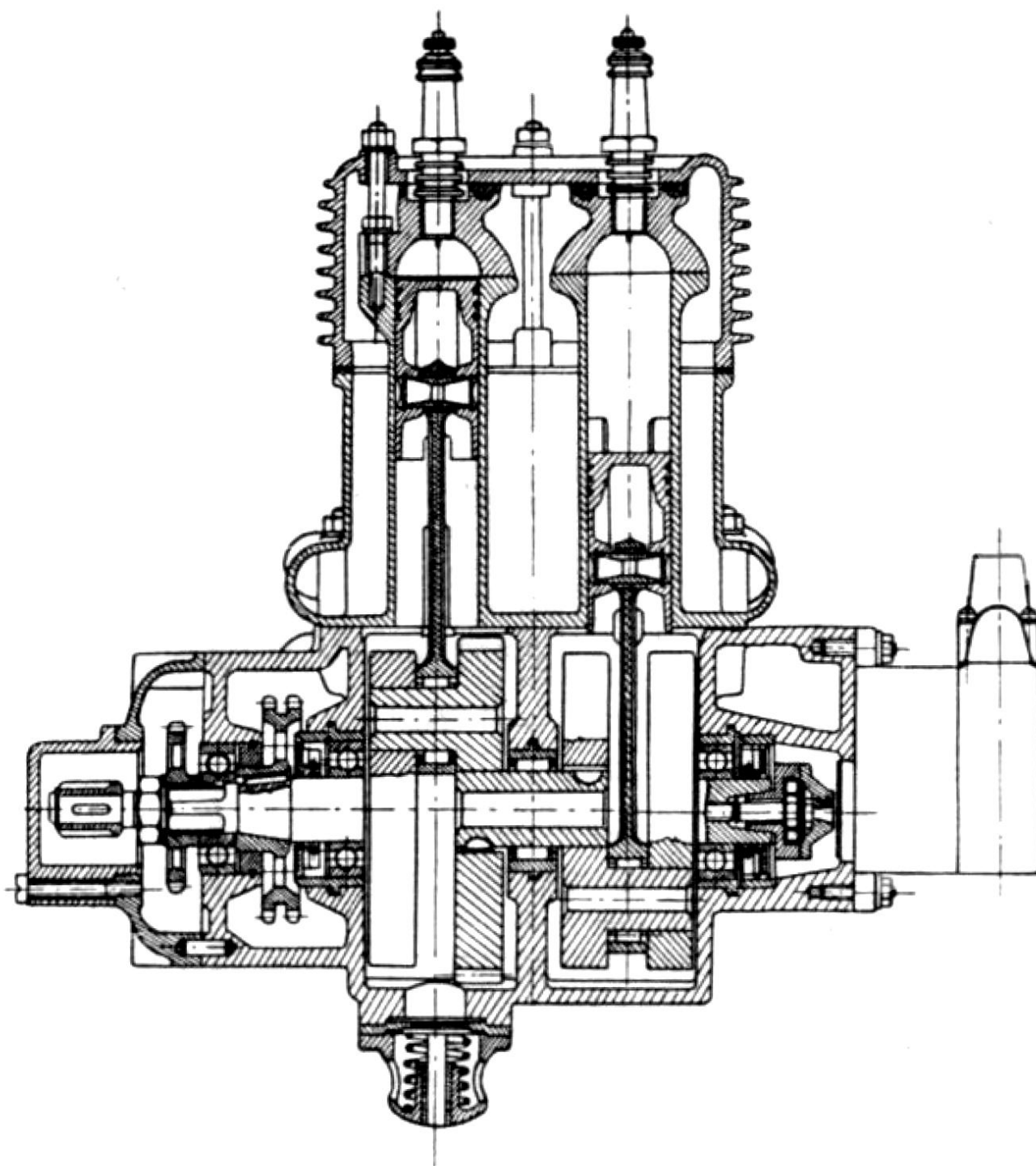
Příloha 2. Příklad konstrukce motoru s rotačním šoupátkem a vratným vyplachováním podle patentu Jawa. [7]



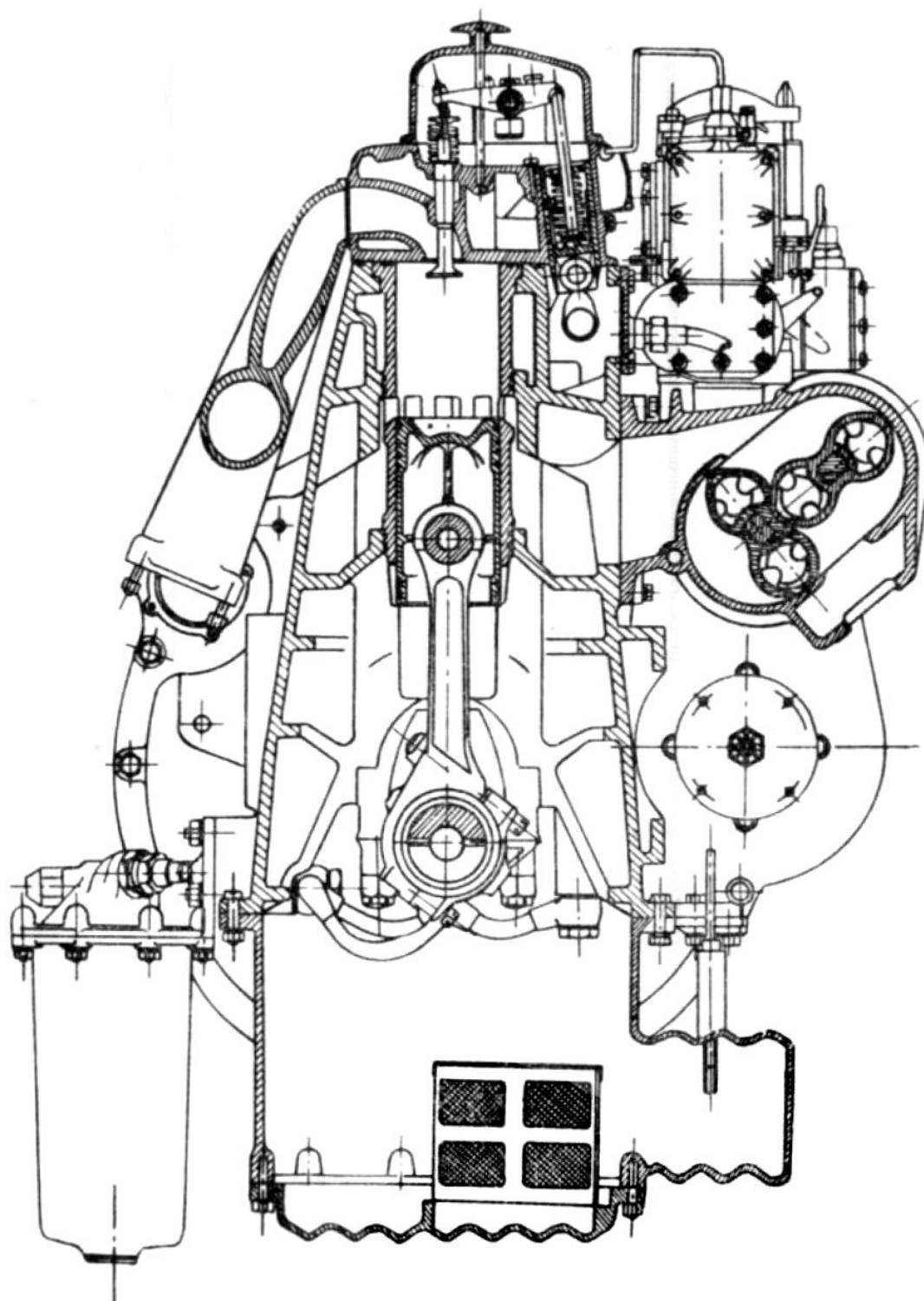
Příloha 3. Porovnání činnosti rozvodových diagramů dvoudobého motoru s klasickým rozvodem pístem, jazýčkovým ventilem a jazýčkovým ventilem systému Yamaha. [7]



Příloha 4. Podélný řez vodou chlazeným motorem S2b s podvojnými válci, přepíňaným rotačním dmychadlem. Zdvihový objem 248cm^3 , výkon 31kW . [1]



Příloha 5. Příčný řez vodou chlazeným motorem S2b s podvojnými válci. [1]



Příloha 6. Příčný řez šestiválcovým dieselovým motorem Foden FD6. Souproudé vyplachování, přepřňovaný Rootsovým dmychadlem. [1]